

2007 P 219 US

=> s de19651298/pn

L2 1 DE19651298/PN

=> d ab

L2 ANSWER 1 OF 1 WPINDEX COPYRIGHT 2005 THE THOMSON CORP on STN

AB DE 19651298 A UPAB: 19980722

The motor has a commutator and a field winding (24,26) in series with the armature winding (22) and at least one brake winding (28,29,30,31), for braking the electric motor, upon switching to the braking mode.

The brake winding is connected in a separate current path (21) which is only activated by switching to the motor braking mode e.g. via a switching device (S1) with a switch contact (33) in series with the separate current path and a second switch contact (34) for interrupting the main current path.

ADVANTAGE - Provides active braking of motor for improved power tool safety.

Dwg.3/8

2007P219EP



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 196 51 298 A 1**

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 02 P 3/12**  
H 02 K 23/02

21 Aktenzeichen: 196 51 298.0  
22 Anmeldetag: 10. 12. 96  
43 Offenlegungstag: 18. 6. 98

DE 196 51 298 A 1

71 Anmelder:  
C. & E. Fein GmbH & Co, 70176 Stuttgart, DE  
74 Vertreter:  
Witte, Weller, Gahlert, Otten & Steil, 70178 Stuttgart

72 Erfinder:  
Wurst, Bert G., 70329 Stuttgart, DE; Meyer,  
Christoph, 70176 Stuttgart, DE; Stolz, Walter, 74321  
Bietigheim-Bissingen, DE

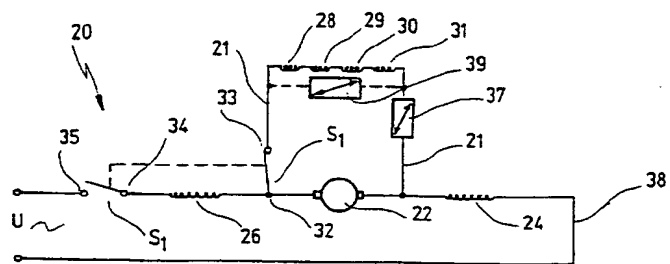
56 Entgegenhaltungen:  
DE 42 27 719 C2  
DE 23 48 880 B2  
DE 30 35 185 A1  
GB 13 81 856  
US 52 94 874  
EP 04 71 038 B1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Reihenschlußmotor mit Kommutator und Bremswicklung

57 Es wird ein Reihenschlußmotor mit Kommutator und Bremswicklung, insbesondere für ein gebremstes Elektrowerkzeug mit Universalmotor angegeben, der mindestens eine mit einer Ankerwicklung (22) in Reihe geschaltete Feldwicklung (24, 26), sowie mindestens eine Bremswicklungen (28-31) zur Bremsung des Motors im Bremsbetrieb, sowie eine Schalteinrichtung (S<sub>1</sub>) zur Umschaltung des Motors zwischen Bremsbetrieb und Motorbetrieb umfaßt. Die mindestens eine Bremswicklung (28-31) ist in einem separaten Strompfad (21) angeordnet, der nur im Bremsbetrieb aktiviert ist. Der separate Strompfad (21) ist über die Schalteinrichtung (S<sub>1</sub>) entweder im Bremsbetrieb parallel zur Ankerwicklung (22) geschaltet oder aber im Bremsbetrieb über die Schalteinrichtung im Nebenschluß an die Speisespannung gekoppelt. Es läßt sich eine zuverlässige eigenerregte oder fremderregte Bremsung des Motors mit einem einfach aufgebauten Umschalter erreichen, wobei gleichzeitig der Volumenbedarf für die Bremswicklungen reduziert wird (Fig. 3).



DE 196 51 298 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Reihenschlußmotor mit Kommutator und Bremswicklung, insbesondere für ein gebremstes Elektrowerkzeug mit Universalmotor, umfassend eine mit einer Ankerwicklung in Reihe geschaltete Feldwicklung, sowie mindestens eine Bremswicklung zur Bremsung des Motors im Bremsbetrieb, sowie eine Schalteinrichtung zur Umschaltung des Motors zwischen Bremsbetrieb und Motorbetrieb.

Ein derartiger Reihenschlußmotor ist aus der EP 0 471 038 B1 bekannt.

Bei dem bekannten Motor handelt es sich um einen Stromwendermotor im Reihenschluß mit Wendepolen sowie mit Schalteinrichtungen zur Umschaltung zwischen Motor- und Bremsbetrieb, wobei im Bremsbetrieb der Motor mittels der Schalteinrichtung kurzgeschlossen und die Feldwicklung umgepolt wird und mit Mitteln zur Begrenzung des Bremsstroms durch die Feldwicklung, mit denen bei Wechselstrombetrieb eine sanfte und schnelle Kurzschlußbremsung durch eigenständige Selbsterregung durchgeführt werden kann. Hierzu ist der Anker in der Motorbetriebsphase zwischen der Feldwicklung und der Wendepolwicklung geschaltet, während in der Bremsphase zur Begrenzung des Bremsstroms durch die Feldwicklung ein Strompfad zwischen dem Anker und der Wendepolwicklung geschaltet wird, der die Mittel zur Begrenzung des Bremsstromes enthält, so daß nur ein vorbestimmter Anteil des Bremsstroms über die Feldwicklung fließt. Zur Begrenzung des Bremsstromes sind zueinander antiparallel geschaltete Zenerdioden vorgesehen.

Ein derartiger Motor nach dem Stand der Technik ist in Fig. 1 dargestellt und insgesamt mit der Ziffer 1 bezeichnet.

Der Strompfad, der sich ergibt, wenn sich der Schalter S in Motorbetriebsstellung befindet, ist in Fig. 1 strichpunktiert gezeichnet. Im Motorbetrieb sind also die beiden Bremswicklungen 6, 7 in Reihe mit der Ankerwicklung 2 und über die Anschlüsse 14 und 15 des Schalters S mit den Feldwicklungen 3, 4 in Reihe geschaltet, die wiederum über die Anschlüsse 11, 12 und 17, 18 des Schalters S mit dem anderen Pol der Speisespannung U in Verbindung stehen.

Während des Motorbetriebs ist also die Diodenstrecke 5 mit den antiparallel geschalteten Dioden außer Funktion.

Wird nun der Schalter S in die Bremsstellung bewegt, so ergibt sich der in Fig. 2 strichpunktiert dargestellte Strompfad.

Hierbei ist also die Ankerwicklung 2 über die beiden Bremswicklungen 6, 7, die Kontakte 14, 16 des Schalters S und die Diodenstrecke 5 bzw. die beiden parallel dazu angeordneten Feldwicklungen 3, 4 und die Kontakte 12, 13 des Schalters S kurzgeschlossen.

Grundsätzlich läßt sich mit einer derartigen Schaltung eine zuverlässige Bremse für einen Stromwendermotor aufbauen. Als problematisch haben sich jedoch die hohen Anforderungen erwiesen, die hierbei an den Schalter S gestellt werden müssen: Während des Motorbetriebes müssen die Kontakte 14, 16 offen sein, bevor der Schalter S die Kontakte 11 und 12 schließt, da es andernfalls eine niederohmige Verbindung über die Kontakte 14, 16 des Schalters S, die beiden Feldspulen 3, 4 und die Kontakte 11, 12 und den Anlaßstrombegrenzer 19 gibt. Ferner müssen die Kontakte 14, 15 des Schalters S geschlossen sein, bevor die Kontakte 11, 12 des Schalters S geschlossen werden, da andernfalls der Anlaufstrom bei geschlossenen Kontakten 17, 18, d. h. bei überbrücktem Anlaufstrombegrenzer 19, über die Kontakte 11, 12 des Schalters S, die Feldwicklungen 3, 4, die Diodenstrecke 5, die Ankerwicklung 2 und die Bremswicklungen 6, 7 fließt, was zur Zerstörung der Diodenstrecke 5

führen kann.

Im Bremsbetrieb wird die durch den rotierenden Anker induzierte Spannung durch die Diodenstrecke 5 begrenzt. Dabei kann durch die Anzahl der Dioden die Bremszeit beeinflusst werden.

Wiederum ergeben sich für den Bremsbetrieb besondere Anforderungen an den Schalter: Die Kontakte 11, 12 müssen geöffnet sein, bevor die Kontakte 14, 16 geschlossen werden, da es andernfalls eine niederohmige Verbindung über 17, 18, 11, 12, die Feldwicklungen 3, 4 und die Kontakte 14, 16 gibt. Damit ein eventuell auftretender Lichtbogen über den Kontakten 11, 12, 13 abgebaut werden kann, müssen die Kontakte 14, 16 mit einer Zeitverzögerung von mindestens 10 ms schließen. Ferner muß ein Wiedereinschalten während der Bremszeit auf mechanischem Weg verhindert werden, damit zumindest der hohe Bremsstrom zu Beginn nicht geschaltet werden muß.

Es ist offensichtlich, daß die Anforderungen an den mehrpoligen Schalter nach dem Stand der Technik außerordentlich hoch sind und daß sich ein derartiger Schalter nur mit hohem Aufwand zuverlässig realisieren läßt.

Ein weiterer Nachteil bei der bekannten Anordnung besteht darin, daß die Diodenstrecke, die den Strom im Bremsbetrieb begrenzt, für eine sehr hohe Leistung ausgelegt sein muß, da sie typischerweise zum Bremsen eines Universalmotors von 2000 W etwa 40 Ampere bei 4 Volt kurzzeitig aushalten muß. Derartige Bauelemente stehen nur begrenzt zur Verfügung bzw. sind relativ teuer, sofern sie im Langzeitbetrieb zuverlässig arbeiten. Darüber hinaus kann nicht ausgeschlossen werden, daß der Motor mehrfach kurzzeitig hintereinander abgebremst wird, was zu einer unzulässigen Erwärmung der Diodenstrecke führen kann, was wiederum nur durch eine entsprechend großzügige Dimensionierung der Diodenstrecke berücksichtigt werden kann.

Die Aufgabe der Erfindung besteht demnach darin, einen Reihenschlußmotor zu schaffen, der die Nachteile des Standes der Technik vermeidet und auf möglichst einfache und kostengünstige Weise eine zuverlässige Bremsung ermöglicht. Dabei soll der Schalter zur Umschaltung zwischen Motor- und Bremsbetrieb möglichst einfach aufgebaut sein. Ferner soll der erfindungsgemäße Motor einen möglichst platzsparenden und gewichtssparenden Aufbau ermöglichen.

Diese Aufgabe wird bei einem Reihenschlußmotor gemäß der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die mindestens eine Bremswicklung in einem separaten Strompfad angeordnet ist, der nur im Bremsbetrieb aktiviert ist.

Im Gegensatz zum Stand der Technik ist also die mindestens eine Bremswicklung erfindungsgemäß während des Motorbetriebes nicht aktiviert und wird nur während des Bremsbetriebes aktiviert. Der separate Strompfad mit der mindestens einen Bremswicklung kann entweder parallel zur Ankerwicklung verlaufen oder aber zur Nebenschlußbremsung mit der Speisespannung gekoppelt werden.

In beiden Fällen ergibt sich ein erheblich vereinfachter Aufbau des Schalters zur Umschaltung zwischen Motorbetrieb und Bremsbetrieb, da je nach der gewählten Spaltung hierzu lediglich ein zwei-poliger Ein- oder Ausschalter bzw. ein Umschalter erforderlich ist.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Motors besteht darin, daß die mindestens eine Bremswicklung lediglich für die Bremsleistung ausreichend dimensioniert werden muß, nicht aber für den Dauerbetrieb des Motors. Die Bremswicklungen können daher mit erheblich geringerem Querschnitt als die Feldwicklungen gewickelt werden, die für die im Vollastbetrieb auftretenden Ströme ausreichend dimensioniert sein müssen. Somit lassen sich auf kleinerem

Raum mit deutlich geringerem Querschnitt der Bremswicklungen größere Windungszahlen unterbringen. Insgesamt können die Bremswicklungen derart dimensioniert werden, daß für den Aufbau eines Universalmotors mit und ohne Bremsung jeweils weitgehend die gleichen Feldwicklungen und die gleichen Statorbleche verwendet werden können. Dies trägt durch die so mögliche Standardisierung zur Kostenreduzierung bei. Darüber hinaus wird die spezifische Leistung des erfindungsgemäßen Motors gegenüber der herkömmlichen Anordnung vergrößert. Umgekehrt läßt sich bei unverändertem Gewicht gegenüber dem Stand der Technik eine Leistungserhöhung erreichen.

In zweckmäßiger Weiterbildung der Erfindung weist die Schalteinrichtung einen ersten mit der mindestens einen Bremswicklung in Reihe angeordneten Schalter zum Schließen des separaten Strompfades im Bremsbetrieb, sowie einen zweiten Schalter zum Unterbrechen des Hauptstrompfades über die Ankerwicklung und die Feldwicklungen auf. Somit läßt sich eine einfache Umschaltung zwischen Bremsbetrieb und Motorbetrieb erreichen.

Der hierzu notwendige Schalter kann gleichzeitig zur Ein- und Ausschaltung des Motors verwendet werden.

Gemäß einer ersten Ausführung der Erfindung verläuft der separate Strompfad parallel zur Ankerwicklung.

Es handelt sich somit um eine selbsterregte Bremsung.

Um einen zuverlässigen Erregung im Bremsbetrieb zu gewährleisten, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, insgesamt vier Bremswicklungen vorzusehen.

Die vier Bremswicklungen können gemäß einer ersten Variante der Erfindung in Reihe geschaltet sein.

Gemäß einer anderen Variante der Erfindung sind die vier Bremswicklungen parallel zur Ankerwicklung vorgesehen. Gemäß einer weiteren Variante der Erfindung sind jeweils zwei in Reihe geschaltete Bremswicklungen parallel zur Ankerwicklung geschaltet.

Mit sämtlichen der zuvor erwähnten Varianten der vier Bremswicklungen läßt sich eine zuverlässige Erregung und eine sichere Bremsung erreichen.

Gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung ist parallel zu der mindestens einen Bremswicklung eine Strombegrenzungseinrichtung, vorzugsweise ein Varistor oder eine Transil diode vorgesehen.

Durch die Verwendung eines Varistors bzw. einer Transil diode werden verursachte Spannungsspitzen abgebaut und ein übermäßiges Kommutatorfeuer vermieden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist eine Strombegrenzungseinrichtung in Reihe mit der mindestens einen Bremswicklung geschaltet.

Hierbei kann es sich entweder um eine Strombegrenzungseinrichtung handeln, die einen mittels eines Schalters überbrückbaren Widerstand aufweist.

In alternativer Weise kann die Strombegrenzungseinrichtung auch einen Heißleiter umfassen.

Im ersten Fall wird der Strom anfangs durch den Widerstand begrenzt. Nach einer gewissen Bremszeit kann dann der Schalter geschlossen werden, um den Widerstand zu überbrücken, um die Bremswirkung trotz der bereits abgefallenen Spannung nochmals zu verbessern. Hierzu wird vorzugsweise ein Zeitschaltglied oder dgl. eingesetzt.

Im zweiten Fall werden unzulässig hohe Ströme infolge des anfangs im kalten Zustand hohen Widerstandes des Heißleiters vermieden. Erwärmt sich der Heißleiter infolge des Bremsstromes, so nimmt der Widerstand des Heißleiters im Laufe der Zeit ab, so daß auch in einer noch späteren Phase des Bremsvorgangs eine wirkungsvolle Bremsung erreicht wird.

In alternativer Ausführung der Erfindung ist der separate Strompfad mit der mindestens einen Bremswicklung im

Bremsbetrieb im Nebenschluß an die Speisespannung gekoppelt.

Bei dieser Ausführung der Erfindung als Nebenschlußbremse wird durch die Fremderregung in allen Betriebsfällen eine sichere Bremsung gewährleistet.

In vorteilhafter Weiterbildung dieser Ausführung ist die mindestens eine Bremswicklung mit einem elektronischen Schalter, vorzugsweise mit einer Thyristorsteuerung in Reihe geschaltet, die eine Unterbrechung des separaten Strompfades nach einer vorbestimmten Zeitspanne bewirkt.

Durch den elektronischen Schalter wird sichergestellt, daß nach vollständiger Bremsung des Motors kein weiterer Strom über den separaten Strompfad fließt.

Gemäß einer ersten Alternative dieser Ausführung liegt das eine Ende des separaten Strompfades an einem Pol der Speisespannung an, während das andere Ende des separaten Strompfades durch ein Umschalten der Schalteinrichtung zwischen Motorbetrieb und Bremsbetrieb entweder im Motorbetrieb mit dem einen Ende des separaten Strompfades kurzgeschlossen ist oder im Bremsbetrieb mit einem anderen Pol der Speisespannung verbunden ist, während die Ankerwicklung kurzgeschlossen ist.

Eine weitere Alternative der zuvor erwähnten Ausführung besteht darin, daß das eine Ende des separaten Strompfades über eine Feldwicklung mit einem Pol der Speisespannung verbunden ist, und daß das andere Ende des separaten Strompfades mit der Ankerwicklung verbunden ist, wobei durch ein Umschalten der Schalteinrichtung zwischen Motorbetrieb und Bremsbetrieb das andere Ende des separaten Strompfades entweder im Motorbetrieb mit dem einen Ende des separaten Strompfades kurzgeschlossen ist oder im Bremsbetrieb mit einem anderen Pol der Speisespannung verbunden ist, während die Ankerwicklung kurzgeschlossen ist.

Der Kurzschluß der Ankerwicklung kann an den beiden vorgenannten Fällen hierbei entweder direkt oder über nur eine oder auch über mehrere Feldwicklungen erfolgen. Hierzu kann die Schalteinrichtung auch weitere Kontakte umfassen, über die die Ankerwicklung im Bremsbetrieb unmittelbar kurzgeschlossen wird. Hierzu kann auch ein elektronischer Schalter vorgesehen sein.

Der Schalter zur Umschaltung zwischen Motorbetrieb und Bremsbetrieb kann besonders einfach aufgebaut sein, da hierzu vorzugsweise ein einfacher Umschalter ausreichend ist.

Bei dem erfindungsgemäßen Reihenschlußmotor kann die Bremswirkung unabhängig von der Dimensionierung der Feldwicklungen so gewählt werden, daß sich eine ausreichende Bremswirkung und eine schnelle Abbremsung des Motors ergibt. Ein bei zu hohem Bremsstrom auftretendes Kommutatorfeuer wird hierbei vorzugsweise, wie zuvor erwähnt, in der Anfangsphase der Bremsung entweder über einen parallel zu den Bremswicklungen geschalteten Varistor oder durch einen in Serie mit den Bremswicklungen geschalteten Heißleiter vermieden.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 einen Reihenschlußmotor nach dem Stand der Technik im Motorbetrieb;

Fig. 2 den Reihenschlußmotor gemäß Fig. 1 im Bremsbe-

trieb;

**Fig. 3** eine erste Ausführung eines erfindungsgemäßen Motors mit vier in Reihe geschalteten Bremswicklungen, die im Bremsbetrieb parallel zur Ankerwicklung geschaltet sind;

**Fig. 4** eine zweite Ausführung eines erfindungsgemäßen Motors mit vier Bremswicklungen, von denen je zwei in Serie geschaltet sind und im Bremsbetrieb parallel zur Ankerwicklung liegen;

**Fig. 5** eine weitere Abwandlung der Ausführung gemäß **Fig. 4**, wobei im Bremsbetrieb vier Bremswicklungen parallel zur Ankerwicklung geschaltet sind;

**Fig. 6** eine weitere Ausführung eines erfindungsgemäßen Motors, bei dem der separate Strompfad mit den Bremswicklungen im Bremsbetrieb im Nebenschluß an die Speisespannung gekoppelt ist;

**Fig. 7** eine Abwandlung des Motors gemäß **Fig. 6**, bei der der separate Strompfad mit den Bremswicklungen im Bremsbetrieb über eine der Feldwicklungen an die Speisespannung gekoppelt ist;

**Fig. 7a** eine Abwandlung des Motors gemäß **Fig. 7**, bei der zusätzlich ein Schalter zur Überbrückung der Ankerwicklung im Bremsbetrieb vorgesehen ist und

**Fig. 8** Kennlinien verschiedener Motoren während des Bremsvorgangs, wobei die Drehzahl des Ankers über der Zeit aufgetragen ist.

In **Fig. 1** und **2** sind die Schaltbilder eines Reihenschlußmotors gemäß der EP 0 471 038 B1 dargestellt. Hierbei ist der Strompfad, der sich während des Motorbetriebes ergibt, in **Fig. 1** mit einer strichpunktierten Linie dargestellt, während der Strompfad, der sich während des Bremsbetriebes ergibt, in **Fig. 2** wiederum mit einer strichpunktierten Linie verdeutlicht ist.

Der Motor **1** umfaßt eine Ankerwicklung **2**, die über zwei in Serie geschaltete Bremswicklungen **6, 7** mit einem Pol der Speisespannung **U** verbunden ist. Der andere Pol der Ankerwicklung **2** ist gemäß **Fig. 1** über Kontakte **14, 15** des Schalters **S** mit zwei in Serie liegenden Feldwicklungen **3, 4** und über weitere Kontakte **11, 12** des Schalters **S** und **17, 18** zur Überbrückung einer Anlaßstrombegrenzung **19** mit dem anderen Pol der Speisespannung **U** verbunden.

Während des Motorbetriebes werden also die Bremswicklungen **6, 7** vom gleichen Strom wie die Feldwicklungen **3, 4** durchflossen.

Im Bremsbetrieb sind dagegen gemäß **Fig. 2** die Kontakte **11, 12** des Schalters **S** voneinander getrennt und die beiden Feldwicklungen **3, 4** über Kontakte **14, 16** des Schalters **S** mit dem einen Pol der Speisespannung und damit mit den Bremswicklungen **6, 7** verbunden. Zusätzlich ist eine Diodenstrecke **5** vorgesehen, durch die im Bremsbetrieb die beiden Feldwicklungen **3, 4** überbrückt werden.

Im Bremsbetrieb ergibt sich somit eine selbsterregte Bremsung des Motors, wobei sich die Bremswirkung und die Kennlinie der Bremsung durch die Dimensionierung der Diodenstrecke **5** beeinflussen läßt. Eine typische Dimensionierung für einen Universalmotor mit 2000 Watt ist eine Auslegung auf einen Bremsstrom von 40 Ampere und eine Schwellenspannung von 4 Volt, was sich durch entsprechend dimensionierte antiparallel geschaltete Dioden erreichen läßt.

Die speziellen Anforderungen, die an den Schalter **S** gestellt werden müssen, um eine sichere Bremsung zu erreichen und einen Kurzschluß bei verschiedenen Betriebszuständen des Motors zu verhindern, wurden eingangs im einzelnen erläutert. Ein weiterer Nachteil der bekannten Schaltung gemäß **Fig. 1** und **2** besteht darin, daß die Bremswicklungen **6, 7** auf die volle Nennlast des Motors ausgelegt werden müssen, da sie im Motorbetrieb vom gleichen Strom

wie die Feldwicklungen **3, 4** durchflossen sind.

Darüber hinaus muß die Diodenstrecke **5** außerordentlich großzügig dimensioniert werden, um auch bei einer Vielzahl von aufeinanderfolgenden Bremsungen im Langzeithetrieb eine ausreichende Betriebssicherheit zu gewährleisten.

Die zuvor erwähnten Nachteile werden durch den erfindungsgemäßen Reihenschlußmotor vermieden.

Eine erste Ausführung eines erfindungsgemäßen Reihenschlußmotors ist in **Fig. 3** dargestellt und insgesamt mit der Ziffer **20** bezeichnet.

Eine Ankerwicklung **22** ist über eine Feldwicklung **24** mit einem Pol der Speisespannung **U** verbunden und über eine weitere Feldwicklung **26** und zwei Schaltkontakte **34, 35** eines Schalters **S<sub>1</sub>** mit dem anderen Pol der Speisespannung verbindbar.

Ein separater Strompfad mit vier hintereinander geschalteten Bremswicklungen **28, 29, 30, 31** ist über einen Heißleiter (NTC) **37** mit der einen Seite der Ankerwicklung **22** verbunden und über zwei weitere Schaltkontakte **32, 33** des Schalters **S<sub>1</sub>** mit der anderen Seite der Ankerwicklung **22** und der Feldwicklung **26** verbindbar.

In der in **Fig. 3** gezeigten Stellung sind die Schaltkontakte **34, 35** des Schalters **S<sub>1</sub>** geöffnet, während die Schaltkontakte **32, 33** des Schalters **S<sub>1</sub>** geschlossen sind, so daß es sich um die Bremsstellung handelt, in der der Hauptstrompfad **38** über die Ankerwicklung **22** und die beiden Feldwicklungen **24, 26** unterbrochen ist, während der separate Strompfad **21** mit den vier in Serie liegenden Bremswicklungen **28–31** und dem in Serie liegenden Heißleiter **37** mit den beiden Enden der Ankerwicklung **22** verbunden ist, um so eine selbsterregte Bremsung des Motors **20** zu bewirken.

Da sich die Bremswicklungen **28–31** in dem separaten Strompfad **21** befinden, der während des Motorbetriebes nicht vom Strom durch die Feldspulen **24, 26** durchflossen wird, können die Bremswicklungen **28–31** unabhängig von den Feldspulen **24, 26** dimensioniert werden und auf eine optimale Bremswirkung und eine optimale Abklingzeit der Bremsung abgestimmt werden, wie dies noch im folgenden anhand von **Fig. 8** erläutert wird.

Die optimale Dimensionierung der Bremswicklungen ist von der gewünschten Bremskennlinie und von Art und Größe des Motors abhängig.

Ein bevorzugter Einsatzfall des erfindungsgemäßen Motors besteht in der Verwendung als gebremster Universalmotor für den Antrieb eines Elektrowerkzeugs. Insbesondere bei Winkelschleifern ist eine automatische Bremsung zum Zwecke der Unfallverhütung bei Ausschalten des Motors vorteilhaft.

Während sich bei ungebremsten Winkelschleifern eine Auslaufzeit des Motors vom Zeitpunkt der Abschaltung bis zum Stillstand in der Größenordnung von etwa 17 bis 20 Sekunden ergibt (vgl. Kurve **72** gemäß **Fig. 8**), liegt die bevorzugte Auslaufzeit des Motors bei der aktiven Bremsung in der Größenordnung von etwa 2 bis 4 Sekunden.

Die gewünschten Bremszeiten sind wiederum von der Größe des Winkelschleifers abhängig (z. B. 2000 Watt für einen großen Winkelschleifer oder 1000 Watt für eine kleinere Maschine) und werden von derartigen Überlegungen beeinflusst, wie etwa der Frage, wie lange es dauert, bis der Winkelschleifer aus einer normalen Arbeitshöhe zu Boden fällt, wenn er losgelassen wird.

In **Fig. 8**, in der die Abklingzeit der Drehzahl des Motors in 1000 Umdrehungen pro Minute über der Zeit in Sekunden beginnend mit dem Abschaltzeitpunkt aufgetragen ist, ist die Kennlinie **76** für den Motor nach dem Stand der Technik gemäß **Fig. 1, 2** dargestellt. Infolge der Begrenzung des Bremsstromes über die Diodenstrecke **5** ergibt sich hierbei ein relativ gleichmäßiges Abklingverhalten, was in knapp 2

Sekunden zum Stillstand der Maschine führt.

Bei der Schaltung des erfindungsgemäßen Motors 20 gemäß Fig. 3 wurde an einem Motor von 2000 Watt die Bremskurve 73 gemäß Fig. 8 ermittelt. Bei der gewählten Dimensionierung der Bremswicklungen 28-31 ergibt sich hierbei anfangs eine relativ starke Bremswirkung, was an dem steilen Abklingen der Kurve 73 zu sehen ist, die dann zu einem relativ langsamen Auslauf des Motors führt, so daß etwa erst nach ca. 4 Sekunden ein vollständiger Stillstand erreicht ist.

Bei der Messung wurde die Schaltung des Motors 20 gemäß Fig. 3 verwendet, wobei jedoch die vier in Reihe geschalteten Bremswicklungen 28-31 über den Schalter  $S_1$  unmittelbar an die Ankerwicklung 22 gekoppelt waren, ohne daß der in Fig. 3 eingezeichnete Heißleiter 37 vorgesehen wurde.

Soll nun eine noch kürzere Auslaufzeit der Bremse erreicht werden, so kann dies beim Motor 20 gemäß Fig. 3 dadurch erreicht werden, daß die Bremswicklungen 28-31 für einen höheren Strom ausgelegt werden, d. h. also einen größeren Querschnitt aufweisen und gleichzeitig zur Vermeidung von stärkerem Kommutatorfeuer der Heißleiter 37 in Serie mit den Bremswicklungen 28-31 vorgesehen wird. Dies hat zur Folge, daß bei Beginn der Bremsung der Widerstand des Heißleiters 37 groß ist, so daß der Bremsstrom begrenzt wird. Während der Bremsung erwärmt sich der Heißleiter 37, so daß dessen Widerstand abnimmt, um so die Bremswirkung zu verstärken. Insgesamt läßt sich so eine langsamere Bremsung am Anfang mit einer schnelleren Abklingzeit am Ende der Bremsung kombinieren.

In alternativer Weise kann statt eines mit den Bremswicklungen 28-31 in Serie geschalteten Heißleiters 37 ein parallel zu den Bremswicklungen 28-31 geschalteter Varistor 39 oder eine Transildiode (z. B. Zenerdiode) vorgesehen werden. Hierdurch wird im wesentlichen eine zu schnelle Bremsung beim Beginn der Bremsung vermieden, da bei der anfangs hohen Spannung der Varistor einen geringen Widerstand aufweist und somit den durch die Bremswicklungen 28-31 fließenden Strom verringert. Fällt die von der Ankerspule 22 erzeugte Spannung im Verlaufe der Bremsung ab, so nimmt der Widerstand des Varistors 39 zu, so daß nach kurzer Zeit der Bremsstrom ausschließlich über die Bremswicklungen 28-31 fließt.

Bei entsprechender Dimensionierung der Bremswicklungen 28-31 läßt sich auch hierdurch eine langsamere Bremsung beim Beginn des Bremsvorgangs und eine stärkere Bremsung am Ende des Bremsvorgangs erreichen.

Grundsätzlich reicht natürlich im Prinzip bereits eine einzige Bremswicklung aus, um eine Bremsung zu ermöglichen. Jedoch hat es sich gezeigt, daß bei einer Verwendung von vier Bremswicklungen eine besonders günstige Erregung erreicht wird, weshalb in den Ausführungen gemäß Fig. 3 und den folgenden Ausführungen gemäß Fig. 4 und 5 jeweils vier Bremsspulen 28-31 vorgesehen sind.

Es versteht sich, daß darüber hinaus auch weniger oder mehr Bremswicklungen verwendet werden können.

Zwei Abwandlungen der Ausführung gemäß Fig. 3 sind in den Fig. 4 und 5 dargestellt und insgesamt mit den Ziffern 40 und 50 bezeichnet.

Hierbei werden für entsprechende Teile entsprechende Bezugsziffern verwendet.

Die Ausführung des Motors 40 gemäß Fig. 4 entspricht weitgehend der Ausführung des Motors 20 gemäß Fig. 3 mit dem einen Unterschied, daß in dem separaten Strompfad 21a, in dem die vier Bremsspulen 28-31 vorgesehen sind, jeweils zwei Bremsspulen 28, 29 und 30, 31 in Serie geschaltet sind und diese beiden Stromzweige zueinander parallel angeschlossen sind. Ein weiterer Unterschied zu der

Ausführung gemäß Fig. 3 besteht darin, daß anstelle des mit den Bremswicklungen 28-31 in Serie geschalteten Heißleiters 37 ein Widerstand 42 vorgesehen ist, der mittels eines Schalters  $S_2$  durch Schließen der Kontakte 44, 45 überbrückbar ist.

Es versteht sich, daß der Schalter  $S_2$  im dargestellten Fall gemäß Fig. 4 lediglich zum Zwecke der Erläuterung des Prinzips dargestellt ist und in der Praxis vorzugsweise durch ein Zeitschaltglied ersetzt wird, das nach einer vorbestimmten Zeit, z. B. nach 0,8 Sekunden, eine Überbrückung des Widerstandes 42 bewirkt.

Mit der Schaltung gemäß Fig. 4 wurde die Kennlinie 74 gemäß Fig. 8 aufgenommen. Infolge des Widerstandes 42 ergibt sich zunächst eine langsamere Bremsung im ersten Teil der Kurve 74. Mit Überbrückung des Schalters  $S_2$  ergibt sich dann ein schnelleres Abklingen der Drehzahl beginnend mit der Unstetigkeitsstelle in der Kurve 74. Da sich durch die Verwendung der parallel geschalteten Bremswicklungen 28, 29 bzw. 30, 31 insgesamt eine etwas stärkere Bremswirkung ergibt, kann somit nach Überbrückung des Widerstandes 42 eine schnellere Abbremsung erreicht werden, so daß sich im gezeigten Beispiel ein Stillstand der Maschine schon nach etwa 2,5 Sekunden ergibt.

Eine nochmalige Abwandlung der Ausführung gemäß Fig. 4 ist in Fig. 5 dargestellt und insgesamt mit der Ziffer 50 bezeichnet.

Der einzige Unterschied zu der zuvor anhand von Fig. 4 beschriebenen Ausführung besteht darin, daß in dem separaten Strompfad 21b die vier Bremswicklungen 28-31 sämtlich parallel zueinander geschaltet sind.

In den Fig. 6, 7 und 7a sind im folgenden Ausführungen der Erfindung als Nebenschlußbremse erläutert.

Gemäß Fig. 6 ist ein erfindungsgemäßer Motor insgesamt mit der Ziffer 60 bezeichnet. Im Hauptstrompfad 38 befindet sich die eine Feldspule 24, die mit einem Pol der Speisespannung U verbunden ist, die von der Ankerwicklung 22 und der anderen Feldspule 26 gefolgt ist, die durch Schließen der Kontakte 64, 68 des Schalters  $S_1$  mit der Speisespannung U im Motorbetrieb verbindbar ist.

Ein separater Strompfad 21c zur Bremsung des Motors enthält einen elektronischen Schalter 62 in Serie mit den zwei Bremswicklungen 28, 29. Der separate Strompfad 21c ist an einem Ende mit dem Kontakt 68 des Schalters  $S_1$  verbunden, der mit dem einen Pol der Speisespannung U verbunden ist. Das andere Ende des Strompfades 21c ist mit dem Kontakt 64 des Schalters  $S_1$  verbunden, der an der Feldspule 26 liegt.

Der Schalter  $S_1$  ist als Umschalter mit einem weiteren Schaltkontakt 66 ausgeführt, der mit dem anderen Pol der Speisespannung U verbunden ist. In der in Fig. 6 gezeichneten Stellung ist somit das eine Ende des separaten Strompfades 21c mit dem einen Pol der Speisespannung U verbunden und das andere Ende des separaten Strompfades 21c über die Kontakte 64, 66 des Schalters  $S_1$  mit dem anderen Pol der Speisespannung verbunden. Gleichzeitig ist in dieser gezeichneten Bremsstellung die Ankerspule 22 über die beiden Feldspulen 24, 26 und die Kontakte 64, 66 des Schalters  $S_1$  kurzgeschlossen.

Somit ergibt sich eine fremderregte Bremsung durch den über die Spannungsquelle und die Bremswicklungen 28, 29 fließenden Strom. Hierbei können die Bremswicklungen 28, 29 optimal an die gewünschte Bremswirkung angepaßt werden. Lediglich sollte durch den elektronischen Schalter 62, der vorzugsweise als Thyristorsteuerung ausgeführt ist, sichergestellt werden, daß der Strompfad 21c über die Bremswicklungen 28, 29 nach einer vorgegebenen Zeit unterbrochen wird, um einen unnötigen Stromfluß durch die Bremswicklungen 28, 29 zu vermeiden.

Zusätzlich kann die Thyristorsteuerung speziell dazu ausgelegt werden, um etwa zu Beginn der Bremsung eine langsamere Bremsung zu ermöglichen und gegen Ende der Bremsung ein schnelleres Abklingen der Drehung des Motors zu erreichen. Für spezielle Bremskurven sind auch andere Thyristorsteuerungen denkbar, die zunächst eine schnellere Bremsung und später eine langsamere Bremsung erlauben.

Eine Abwandlung der Ausführung gemäß Fig. 6 ist in Fig. 7 dargestellt und insgesamt mit der Ziffer 70 bezeichnet. Der einzige Unterschied zu der zuvor anhand von Fig. 6 beschriebenen Ausführung besteht darin, daß der separate Strompfad 21d mit dem elektronischen Schalter 62 und den beiden Bremswicklungen 28, 29 an einem Ende mit dem Kontakt 64 des Schalters  $S_1$  unmittelbar mit dem einen Ende der Ankerwicklung 22 verbunden ist und daß das andere Ende des separaten Strompfades 21d, das mit dem Kontakt 68 des Schalters  $S_1$  verbunden ist, über die Feldspule 26 an die Speisespannung U gekoppelt ist.

In der Bremsstellung, die in Fig. 7 dargestellt ist, ist der separate Strompfad 21d somit vom einen Pol der Speisespannung U über die Feldspule 26 und über die Kontakte 64, 66 des Schalters  $S_1$  mit dem anderen Pol der Speisespannung U verbunden. Dagegen ist die Ankerwicklung 22 in der Bremsstellung über die andere Feldspule 24 und die Kontakte 64, 66 des Schalters  $S_1$  kurzgeschlossen.

Wird der Schalter  $S_1$  umgeschaltet, so daß der Kontakt 64 nicht mehr mit dem Kontakt 66 sondern mit dem Kontakt 68 verbunden ist, so ist wiederum der separate Strompfad 21d kurzgeschlossen, während der Hauptstrompfad 38d mit der Ankerwicklung 22 und den Feldspulen 24, 26 an die Speisespannung U gekoppelt ist.

Eine weitere Abwandlung eines erfindungsgemäßen Motors ist in Fig. 7a dargestellt und insgesamt mit der Ziffer 80 bezeichnet. Während der separate Strompfad 21e mit den Bremswicklungen 28, 29 vollständig dem separaten Strompfad 21d gemäß Fig. 7 entspricht, liegt der einzige Unterschied zu der Ausführung gemäß Fig. 7 darin, daß im Hauptstrompfad 38e zusätzliche Kontakte 81, 82 vorgesehen sind, die mit der Schalteinrichtung  $S_1$  gekoppelt sind, um die Ankerwicklung 22 im Bremsbetrieb zu überbrücken. Hierbei kann es sich auch um einen elektronischen Schalter handeln.

Sowohl mit der selbsterregten Bremse gemäß den Fig. 3 bis 5 als auch mit der Nebenschlußbremse gemäß den Fig. 6 oder 7 können die Bremswicklungen erheblich günstiger dimensioniert werden als nach dem Stand der Technik, da sie nur für den Bremsstrom ausgelegt werden müssen, nicht jedoch für den Nennstrom durch die Feldspulen 24, 26, der im Dauerbetrieb auftritt. Vorzugsweise wird bei den Bremswicklungen die gleiche Windungszahl wie bei den Feldwicklungen verwendet, jedoch ist ein ungefähr sechsmal geringerer Querschnitt ausreichend. Wenn zwei Bremspulen verwendet werden, ergibt sich somit im Vergleich zu dem nach dem Stand der Technik benötigten Volumen für die Bremswicklungen eine Reduzierung des Volumenbedarfs auf ein Drittel. Darüber hinaus ist ein einfach aufgebauter Schalter für die Umschaltung zwischen Motorbetrieb und Bremsbetrieb ausreichend.

#### Patentansprüche

1. Reihenschlußmotor mit Kommutator und Bremswicklung, insbesondere für ein gebremstes Elektrowerkzeug mit Universalmotor, umfassend mindestens eine mit einer Ankerwicklung (22) in Reihe geschaltete Feldwicklung (24, 26), sowie mindestens eine Bremswicklung (28, 29, 30, 31) zur Bremsung des Motors im

Bremsbetrieb, sowie eine Schalteinrichtung ( $S_1$ ) zur Umschaltung des Motors zwischen Motorbetrieb und Motorbetrieb, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Bremswicklung (28, 29, 30, 31) in einem separaten Strompfad (21, 21a, 21b, 21c, 21d, 21e) angeordnet ist, der nur im Bremsbetrieb aktiviert ist.

2. Reihenschlußmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalteinrichtung ( $S_1$ ) einen ersten mit der mindestens einen Bremswicklung (28-31) in Reihe angeordneten Schalter (32, 33) zum Schließen des separaten Strompfades im Bremsbetrieb, sowie einen zweiten Schalter (34, 35) zum Unterbrechen des Hauptstrompfades (38) über die Ankerwicklung (22) und die Feldwicklungen (24, 26) umfaßt.

3. Reihenschlußmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der separate Strompfad (21, 21a, 21b) parallel zur Ankerwicklung (22) verläuft.

4. Reihenschlußmotor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß vier in Reihe geschaltete Bremswicklungen (28-31) parallel zur Ankerwicklung (22) vorgesehen sind.

5. Reihenschlußmotor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß vier Bremswicklungen (28-31) vorgesehen sind, von denen jeweils zwei in Reihe geschaltete Bremswicklungen (28, 29; 30, 31) parallel zur Ankerwicklung (22) geschaltet sind.

6. Reihenschlußmotor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß vier Bremswicklungen (28-31) parallel zur Ankerwicklung (22) vorgesehen sind.

7. Reihenschlußmotor nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu der mindestens einen Bremswicklung (28-31) eine Strombegrenzungseinrichtung, vorzugsweise ein Varistor (39) vorgesehen ist.

8. Reihenschlußmotor nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Strombegrenzungseinrichtung in Reihe mit der mindestens einen Bremswicklung (28-31) geschaltet ist.

9. Reihenschlußmotor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Strombegrenzungseinrichtung einen mittels eines Schalters ( $S_2$ ) überbrückbaren Widerstand (42) umfaßt.

10. Reihenschlußmotor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Strombegrenzungseinrichtung einen Heißleiter (37) umfaßt.

11. Reihenschlußmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der separate Strompfad (21c, 21d, 21e) mit der mindestens einen Bremswicklung (28, 29) im Bremsbetrieb im Nebenschluß an die Speisespannung (U) gekoppelt ist.

12. Reihenschlußmotor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Bremswicklung (28, 29) mit einem elektronischen Schalter (62), vorzugsweise mit einer Thyristorsteuerung in Reihe geschaltet ist, der eine Unterbrechung des separaten Strompfades (21c, 21d, 21e) nach einer vorbestimmten Zeitspanne bewirkt.

13. Reihenschlußmotor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das eine Ende (68) des separaten Strompfades (21c) an einem Pol der Speisespannung (U) liegt, daß das andere Ende (64) des separaten Strompfades (21c) durch ein Umschalten der Schalteinrichtung ( $S_1$ ) zwischen Motorbetrieb und Bremsbetrieb entweder im Motorbetrieb mit dem einen Ende (68) des separaten Strompfades (21c) kurzgeschlossen ist oder im Bremsbetrieb mit einem anderen Pol der Speisespannung (U) verbunden ist, während die Ankerwicklung (22) kurzgeschlossen ist.

14. Reihenschlußmotor nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß das eine Ende (68) des separaten Strompfades (21d) über eine Feldwicklung (26) mit einem Pol der Speisespannung (U) verbunden ist, daß das andere Ende (64) des separaten Strompfades (21d, 21e) mit der Ankerwicklung (22) verbunden ist, und daß durch ein Umschalten der Schalteinrichtung ( $S_1$ ) zwischen Motorbetrieb und Bremsbetrieb das andere Ende (64) des separaten Strompfades (21d, 21e) entweder im Motorbetrieb mit dem einen Ende (68) des separaten Strompfades (21d, 21e) kurzgeschlossen ist oder im Bremsbetrieb mit einem anderen Pol der Speisespannung (U) verbunden ist, während die Ankerwicklung (22) kurzgeschlossen ist.

15. Reihenschlußmotor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalteinrichtung ( $S_1$ ) weitere Kontakte (81, 82) umfaßt, über die die Ankerwicklung (22) im Bremsbetrieb kurzgeschlossen ist.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



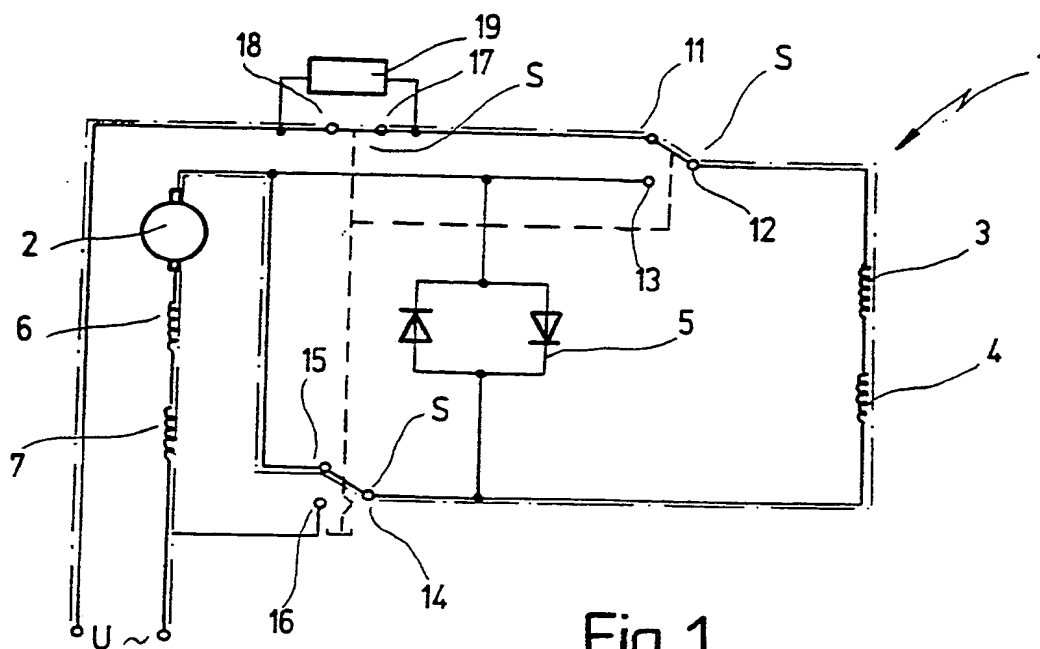


Fig. 1

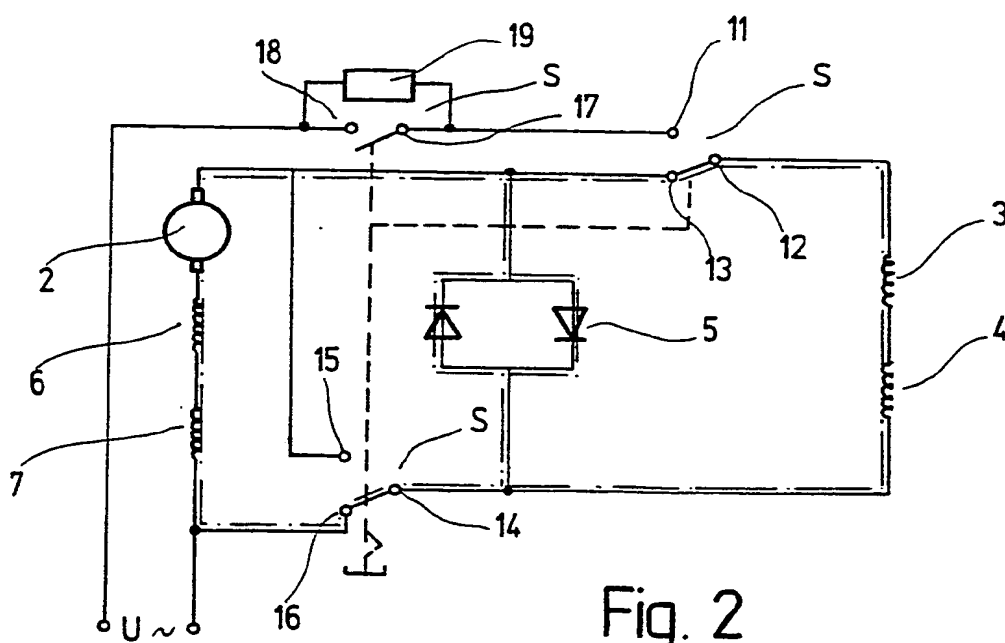
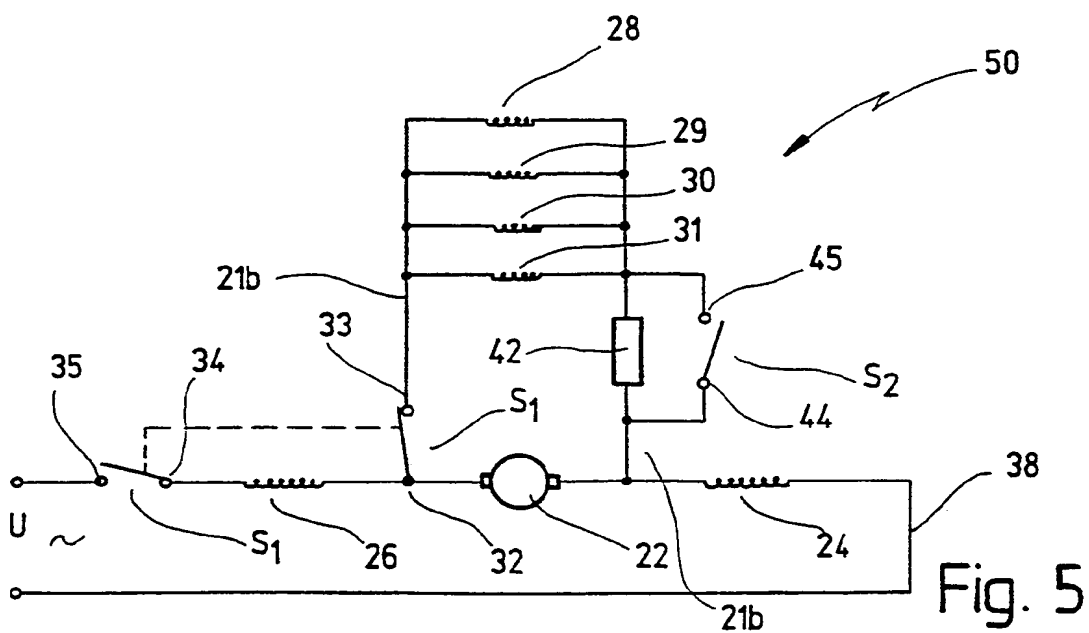
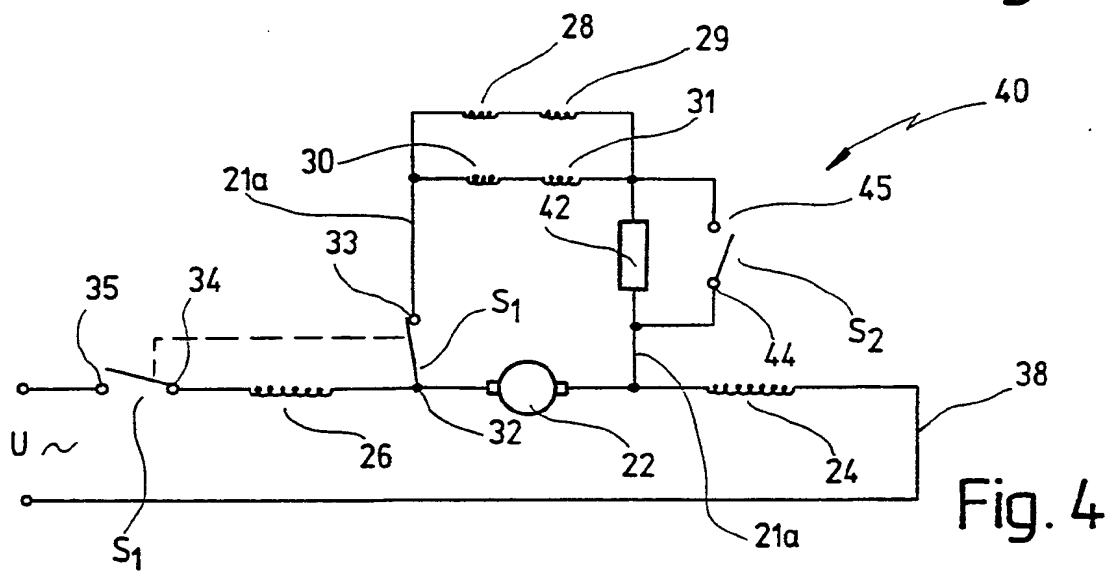
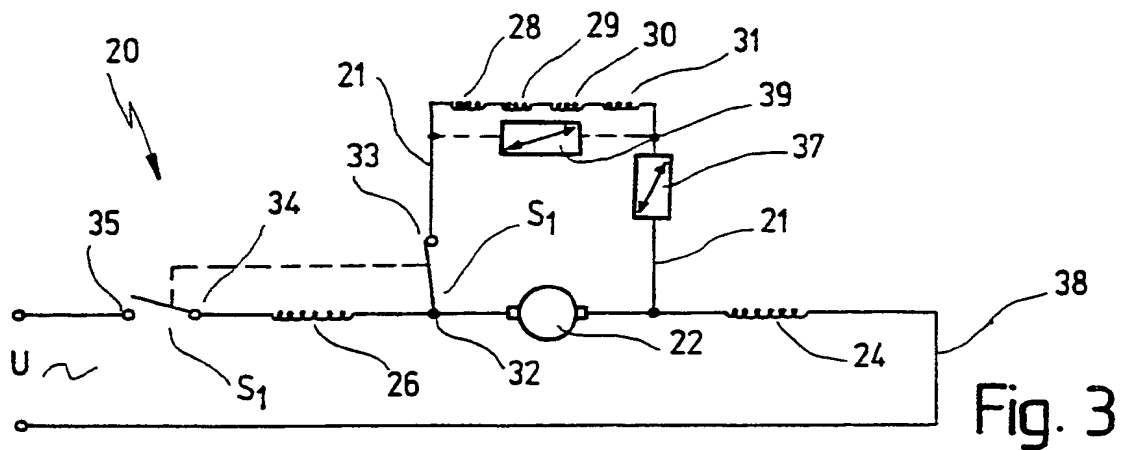


Fig. 2



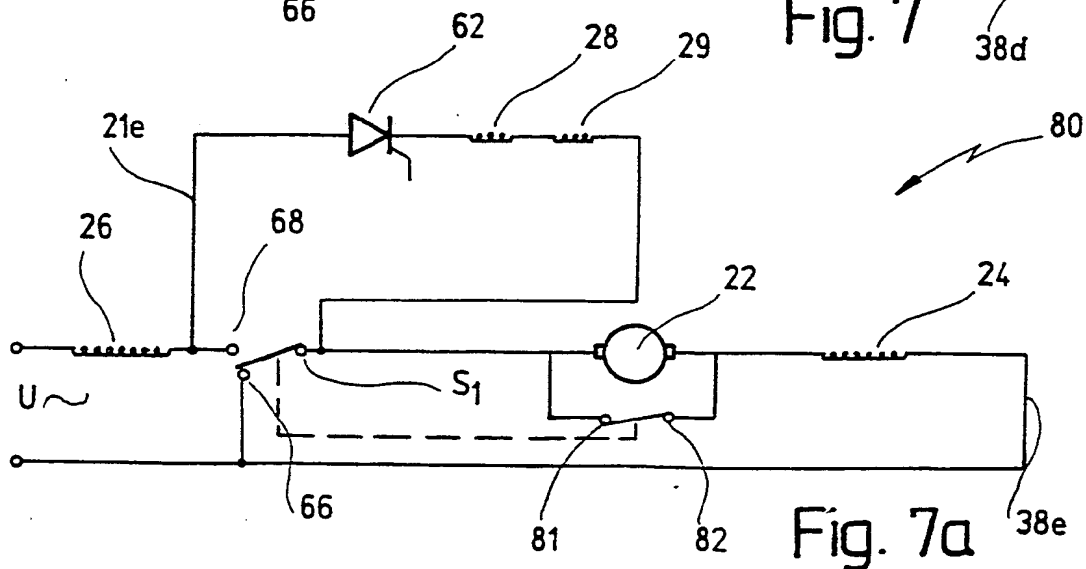
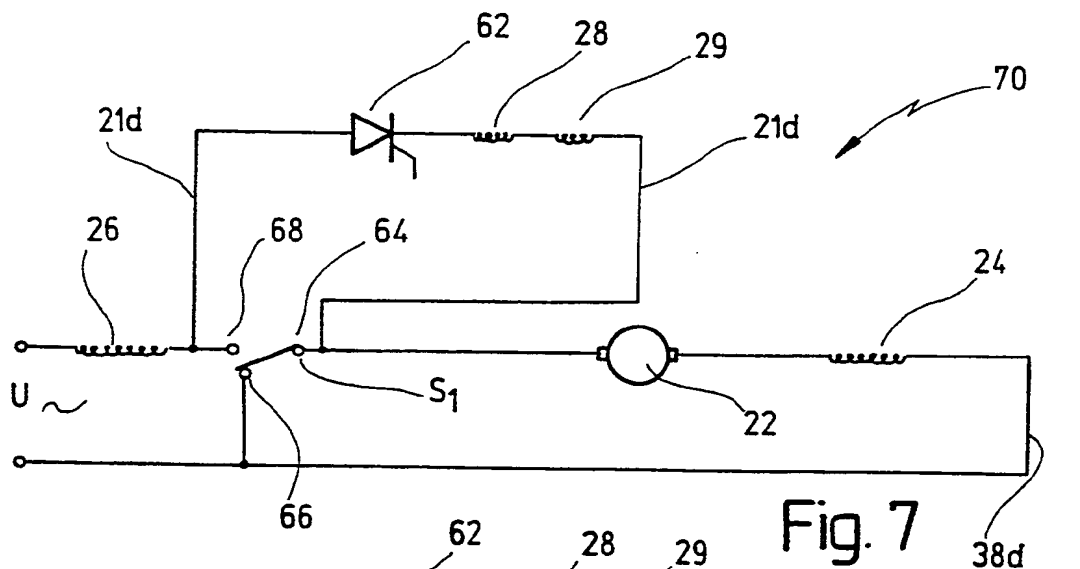
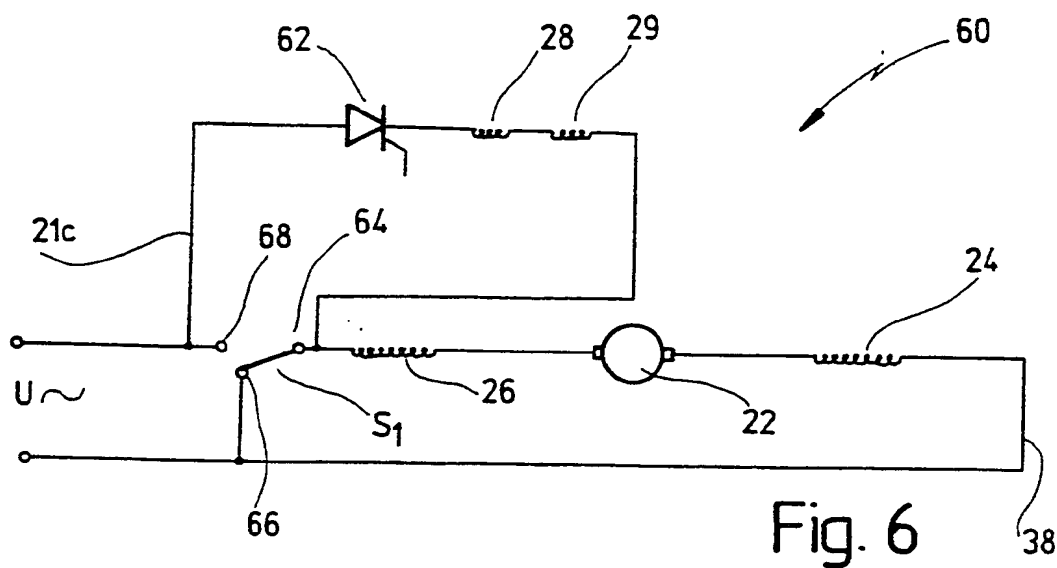


Fig. 8

